

大型钢锻件超声波检验



SA-388/SA-388M



(与 ASTM 标准 A 388/A 388M—95 完全等同)

1 适用范围

1.1 本规程包括用直射波和斜射波技术对大型钢锻件作接触法脉冲反射式超声波检验规程。直射波技术包括 DGS 法(距离增益一尺寸)的应用。见附录 X3。

1.2 凡是询价单、合同、订货单或标准规定锻件须按 A388/A388M 规程进行超声波检验时,均应采用本规程。

1.3 以英寸—磅单位或国际单位(SI)表示的值都应分别视作标准值。正文中 SI 单位在括号内示出。由于两种单位制的数值并非精确相等,故必须独立地分别采用之。如果加以混用,将导致与标准的不一致。

1.4 本标准和适用的材料标准中同时用英寸—磅单位和 SI 单位表示,所以除非在订货单中规定采用“M”标准号(SI 单位),否则材料按英寸—磅单位制供货。

1.5 本标准无意论述与其使用有关的所有安全问题。本标准的使用者有责任在使用前制定适当的安全卫生操作规程并确定这种管理限制的适用范围。

2 引用标准

2.1 ASTM 标准

A 469 发电机转子用真空处理钢锻件。

A 745/A 745M 奥氏体钢锻件超声波检验实用规程

E 317 评定不用电子测量仪器的脉冲反射式超声波测试系统工作特性的实用规程

E 428 超声波检验用钢质参考试块的制作和控制的实用规程

2.2 ANSI 标准

B 46.1 表面织构

2.3 其它文件

无损检测人员资格评定和取证的推荐实用规程 SNT—TC—1A, 附录 C—超声波检验。

3 订货须知

3.1 当本规程用于询价单、合同或订货单时,采购方应当阐明并提供下列各项资料:

3.1.1 按照 7.2.2 和 7.3.3(V 形或矩形切槽)所述确定探伤灵敏度的方法。

3.1.1.1 按照 7.2.2.2 所述确定参考试块的材料和平底孔的直径及试验金属的距离。

3.1.2 按照 J0.3 所述确定整个锻件或其中某些部位的质量等级。

3.1.3 任何选择方案均应符合 6.1、6.2 和 7.1.10。

4 仪器

4.1 这种检验应采用脉冲反射式超声仪。系统应至少具有在 1—5MHz 频率下进行检验的能力。在检验奥氏体不锈钢锻件时,系统应具有低至 0.4MHz 频率进行检验的能力。

4.1.1 超声仪至少在满幅度(扫描线至屏顶)的 75% 范围内具有线性显示(误差在 5% 以内)。所谓 5% 线性,是指示度屏上幅度显示情况的描述。仪器的线性应按照 E 317 实用规程的要求验证,按照 E 317 或 E 428 实用规程制作的任何一组试块,都可以用来确定所规定的 $\pm 5\%$ 的仪器线性。

4.1.2 电子仪器应具有衰减器[其准确度在使用范围内应达到幅度比值的 $\pm 10\%$ (+1dB)],从而能对超出仪器线性范围的指示信号进行测量。

4.2 探头 对于直射波扫查(参见 7.2),应采用换能器的最大有效面积为 1in^2 (650mm^2),其尺寸最小为 $\frac{3}{8}\text{in}$ (20mm),最大为 $1\frac{1}{4}\text{in}$ (30mm)。对于斜射波扫查(参见 7.3),应采用换能器的尺

寸从 $\frac{1}{2}$ in. \times 1 in. (13mm \times 25mm) 至 1 in. \times 1 in. (25mm \times 25mm)。

4.2.1 换能器 应在其标定频率下使用。

4.2.2 可以采用其它探头来评定和精确测定指示信号。

4.3 耦合剂 应采用有良好润湿特性的耦合剂, 如 SAE 20 号或 30 号发动机油、甘油、松节油或水。各种耦合剂的性能不可能互相比较, 所以在校准和检验时应采用同样的耦合剂。

4.4 参考试块 按照 4.1.1 校准设备时, 可采用具有平底孔的参考试块。当合同或订货单有规定时, 可用来确定直射波检验的记录等级。

4.5 当订货单或合同规定时, 可用与所用超声仪和换能器相匹配的 DGS 刻度, 来确定直射波检验的记录等级。必须选择 DGS 的刻度范围能包括所检验零件的全部横截面厚度, 可以在附录 X3 中找到 DGS 透明图面板的一个例子。

5 人员的要求

5.1 按本规程进行超声波检验的人员, 应按照符合于推荐实用规程 SNT-TC-1A 或其它买方和供方双方都能接受的别的国家标准而编制的书面程序文件进行资格评定和取得合格证。

6 锻件作超声波检验前的准备

6.1 除非订货单或合同另有规定, 凡圆形锻件应机械加工出圆柱形的表面, 以便作径向检验; 锻件的端面应加工成与锻件轴线垂直, 以便进行轴向检验。圆盘形和矩形锻件的表面应加工平直, 而且要互相平行。

6.2 除非在订货单或合同中另有规定, 或在锻件图纸中另有标明, 外表加工后的表面粗糙度不应超过 $250\mu\text{in.}$ ($6\mu\text{m}$)。

6.3 需检验的锻件表面不应有外来物质, 如松散的氧化皮、油漆或污物等。

7 检验规程

7.1 概述

7.1.1 如有可能, 应对锻件整个体积作超声波检验。由于截面变化处的圆角或其它局部的外形所限, 锻件的某些部位也有可能检验不到。

7.1.2 超声波检验应在改善力学性能的热处理(不包括消除应力热处理)之后进行, 但应在

钻孔、开键槽、车斜度、开槽或加工外部轮廓之前进行。如果要求作改善力学性能热处理前的锻件外形使锻件在处理之后不能作全面完整的检验, 应允许在改善力学性能热处理之前进行检验。在这种情况下, 锻件在热处理之后仍应尽可能完整地重新进行超声波检验。

7.1.3 为了保证锻件整个体积都能被检查到, 要求探头每一行程的转位至少要有 15% 的重叠。

7.1.4 扫查速度不应超过 6in./s (150mm/s)。

7.1.5 如有可能, 锻件的所有部分均应从两个互相垂直方向作扫查。

7.1.6 用直射波技术扫查圆盘形锻件时, 如有可能, 应至少从一个平面和从圆周面上的径向进行。

7.1.7 用斜射波技术扫查圆柱形截面和空心的锻件时, 如有可能, 也应应对锻件作轴向检验。

7.1.8 此外, 按照 7.3.1 的要求, 要用斜射波技术从外表面对空心的锻件进行检验。

7.1.9 当由制造厂或采购方进行复验或重新评定时, 应采用类似的仪器、探头、频率和耦合剂。

7.1.10 锻件在检查中, 可以固定不动也可以在车床或滚轮上转动。如果采购方未作规定, 制造厂可以选用上述的两种方法的任何一种。

7.2 直射波检验

7.2.1 如有可能, 直射波检验采用标称频率为 $2\frac{1}{4}$ MHz 的探头。但是, 对于粗晶粒奥氏体材料和长距离探测最好采用 1MHz 频率。在很多情况下, 检验粗晶粒的奥氏体材料, 甚至可能要采用 0.4MHz 频率。为了得到更好的分辨力、穿透力或缺陷的检出力, 也可采用其它频率。

7.2.2 用底面反射参考试块技术或 DGS 方法确定仪器灵敏度(对 DGS 方法的解释见附录 X3)。

7.2.2.1 底面反射技术(底面反射校准法适用于声波入射面与底面互相平行的锻件)——将衰减器调到适当的水平, 例如 5:1 或 14dB, 调节仪器控制, 使其从锻件底面得到的底面反射信号大致为满幅度的 75%。将衰减器调到最大的放大率(衰减器调到 1:1)扫查锻件。评定不连续性时应将增益控制调到参考水平。当截面厚度或直径有明显变化时, 需要重新校准灵敏度。

注 1: 当检验奥氏体组织锻件时, 由于粗晶粒组织会引起高的噪声电平或杂波, 所以一般都不采用高的灵敏度水平。

7.2.2.2 参考试块的校准——校准标准样检测面的粗糙度应大致与被检验物体相当，但不能比被检验物体更优，调节仪器控制，使其从规定的参考试块平底孔上得到所要求的信号幅度。利用衰减器来调定幅度大于仪器的垂直线性。对于这些情况，在扫查工件之前要除去衰减量。

注2：对于曲面检查，当规定用平面参考试块作校准时，应调整从参考试块得到的信号幅度，以作出补检（附录 XI.1 中有一个示例）。

7.2.2.3 DGS 校准——使用前，要核实 DGS 透明图面板与换能器的尺寸和频率是否相一致。透明图面板的准确性可以用 E317 实用规程中所指出的参考试块和规程来核实。已系列化的透明图面板与其一同使用的超声波换能器和脉冲反射测试系统相匹配。

7.2.2.4 按所检验的工件横截面厚度选择合适的 DGS 刻度，在示波屏上插入透明图面板，确保 DGS 刻度基准线与示波屏的扫描线重合。将探头放在工件上，调整增益使第一次底面回波清晰地显示在示波屏上。用延时和扫描控制旋钮变换屏幕图像，使得初脉冲的前沿在 DGS 刻度的零处，底面回波处在对应于工件厚度的 DGS 刻度上。调节增益，使工件底面回波与 DGS 参考斜坡的高度相一致，在 $\pm 1\text{dB}$ 以内。一旦调整好，对参考斜坡通过 DGS 刻度上所示 Db 来增加增益。现在仪器已校准好，能可靠地探测出的缺陷尺寸能够直接从示波屏上读出。这些缺陷的尺寸与可用作参考点的平底反射体相等。

注3：上面这些可在所有实心工件上使用，空心圆柱形工件和钻孔或螺孔的工件必须进行校正以补偿中心孔产生的衰减（见附录 X4）。

7.2.3 重新校准——当探头、耦合剂、仪器的调整值或扫查速度等与校准时所用的有任何变动时，都应要求重新校准。每一 8h 的工作班至少要校准核查一次。当增益电平降低 15% 或更大时，要重建所要求的校准，并且要对前一次校准以来检验的所有材料重新进行检验。当增益电平增加 15% 或更大时，要对所有记录的信号重新进行评定。

7.2.4 在检验工件时，要监视底面反射信号的幅度有否任何明显的降低。底面反射信号幅度的降低，不仅可能表明存在不连续性，而且也可能表明探头与工件的表面耦合不良，底面反射面不平行，或是工件中有局部的衰减变化。对引

起底面反射信号降低的任何区域须重新作检验。

7.3 斜射波检验——圆环形和空心锻件

7.3.1 对于轴向长度大于 $2i_n$ (50mm)，而且外内径比值小于 2.0:1 的圆环形和空心锻件，要从圆周方向进行检验。

7.3.2 除了因为壁厚、外内径比或其它几何形状不能进行校准外，应采用 1MHz 的 45° 斜探头。若有希望达到更好的分辨力、穿透力和缺陷的检出力，则可采用其它频率。对外内径之比至 2.0:1 的空心锻件作斜射波检查时，换能器应带有楔块或履块，以便在所检验的横截面形状和尺寸条件下产生所需要的波型和折射角。

7.3.3 校准作斜射波检验的仪器，使其能从沿锻件轴线方向和平行于轴线的内壁上的矩形或 60° 的 V 形切槽上得到约为 75% 满幅度的信号波幅。也可以采用单独的校准标准件，但它应当和它所代表的锻件有相同的公称成分、热处理和厚度。校准样件检测面的粗糙度应与被检验工件相当，但不能较之更优。如果是一批相同的锻件，则可以把其中的一个锻件作为单独的校准样件。内壁切槽深度最大应为公称厚度的 3% 或 $\frac{1}{16}$ in. (6mm)，选用其中的较小值，其长度约为 $1i_n$ (25mm)。而厚度则取决于检验时被检验锻件的厚度。在同一仪器调整值下，再从相同的外壁切槽上获得一个反射信号。画一直线，连接内壁切槽和外壁切槽的第一次反射信号的峰值，这就是波幅参考线。如有可能，最好是在工件的余量或工件的试样上开槽。当从外壁表面探测不出外壁切槽时，如有可能（某些工件的内径可能太小以致不能作检验），应从内、外壁两面按上面所述进行检验。当从外壁作检查时，使用内壁切槽；从内壁作检查时，则用外壁切槽。如有需要并有实际可能时，可采用曲面的楔块或履块。

7.3.4 检验时，从外壁以正、反时针两个方向对整个表面积沿周向进行扫查检验。对于不能用直射波作轴向检验的锻件，要采用斜射波探头从两个轴向进行检验。对于轴向扫查，采用在内壁和外壁上的矩形或 60° 的 V 形切槽进行校准。这些切槽应垂直于锻件轴线，其尺寸应与轴向切槽相同。

8 记录

8.1 直射波检验——记录下列各反射信号，

作为资料提供给采购方。除在采购订单中另有协议外,这些记录的反射信号不作为拒收的条件:

8.1.1 在底面反射技术中,幅度等于或超过相邻无缺陷信号区底面反射波高10%的一些单个信号;在参考试块或DCS技术中,等于或超过100%参考幅度的一些信号。

8.1.2 凡在同一平面上连续出现的一个信号,不论其幅度大小如何,其出现的面积大于探头直径的二倍。这个信号的范围,应随着反射幅度的变化准确地测定出来。

8.1.2.1 同一平面的信号,如果连续出现范围的长轴大于1in.(25mm),则应认为是该平面上的连续信号。在记录这些信号时,必须对波束在所估计的缺陷深度处的扩散作出校正。

8.1.3 在底面反射技术中,等于或超过底面反射波5%的不连续性信号。在参考试块技术中,等于或超过参考幅度50%的信号,这些信号是连续游动或是密集出现的。

8.1.3.1 此处游动信号定义为探头在工件表面移动时,信号前沿在扫描线上移动的距离,等于1in.(25mm)或更大的金属深度。

8.1.3.2 密集信号的定义为工件中代表2in.(50mm)或更小的立方体内有5个或更多的信号。

8.1.4 底面反射的降低超过原测定值的20%时,按10%的增量测量。

8.1.5 应予记录信号的波幅,按10%的增量作记录。

8.2 斜射波检验 记录等于或大于50%参考线的不连续性信号。当不能作出幅度参考线时,记录等于或大于50%参考切槽信号的不连续性信号。除了在采购订单中另有协议的外,这些记录的反射信号不作为拒收的条件。

9 检验报告

9.1 检验报告中应包括下列各项:

9.1.1 所有应予记录的信号(参见第8节)。

9.1.2 为了报告应予记录信号的位置,应画出工件的外形草图,其中包括由于几何形状的原因面来作检查的所有区域的尺寸,采购方的图纸编号、采购订单号码、制造厂的系列号,以及应予记录的超声信号沿轴向、径向和周向的分布情况。

9.1.3 进行检验所用的标准、以及使用的

频率、调整灵敏度的方法、仪器型号、表面粗糙度、耦合剂和所采用的探头。

9.1.4 检验日期和检验员的签名。

10 质量等级

10.1 本规程希望能够用于各种锻件,包括不同尺寸、形状、成分、熔炼方法以及用途。因此,不可能规定一个能适用于如此多种产品的通用超声波质量等级。对各种锻件的超声波检验接收或拒收的标准,应该根据对使用要求的实际估计、以及在生产各具体类型锻件时能够正常达到的质量水平来制订。

10.2 超声波在大型奥氏体不锈钢锻件中比在类似的碳钢或低合金锻件中更难穿透。其衰减的程度一般随截面尺寸的增大而增加,噪声电平普遍地或在局部区域可能很大,以致探测不到一些分散的反射信号。在大多数情况下,这种衰减是由这些奥氏体合金所固有的粗晶组织造成的。由于这些原因,用来对碳钢和低合金锻件进行超声波检验的方法和标准,不可能用于大型奥氏体锻件。通常,只能采用用底面反射作参考标准的直射波检查。但是如果这些级别材料要求用平底孔参考标准或斜射波检验,可以考虑使用A-745/A-745M奥氏体锻件实用规程。

10.3 可根据下列标准中的一项或几项,由采购方和制造厂双方协商确定验收的质量等级:

10.3.1 直射波检验。

10.3.1.1 不允许有大于参考底面反射信号一定百分率的指示。

10.3.1.2 不允许有等于或大于规定的参考试块中平底孔信号的指示。

10.3.1.3 不允许有底面反射信号的降低大于参考底面反射信号一定百分率的区域。

10.3.1.4 不允许有10.3.1.1或10.3.1.2的显示与10.3.1.3中的某些底面反射的降低现象同时出现。

10.3.1.5 不允许有超过DCS法中规定的参考等级的指示。

10.3.2 斜射波检验——不允许有超过参考切槽的反射信号或波幅参考线的某一规定百分率的指示。

10.4 正确地运用超声波检验的质量等级,应该了解许多参数对检验结果的影响。

附录

(非强制性资料)

X1 为补偿锻件曲率的影响而调整波幅的典型示例

X1.1 曲线(图 X1.1)是在下列各试验条件下确定的:

材料 镍-铝-钒合金钢(标准 A 496.4 类)

仪器 UR 型反射式超声探伤仪

探头 $1\frac{1}{8}$ in. (30mm) 直径的石英晶片

频率 $2\frac{1}{4}$ MHz

参考试块 ASTM No. 3—0600 (铝)

参考曲线代表的反射体面积 在镍-铝-钒合金钢中, 0.010in^2 (6.5mm^2)

表面粗糙度 最大粗糙度为 $250\mu\text{in.}$ ($6\mu\text{m}$)

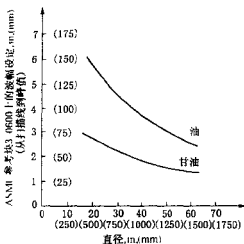


图 X1.1 锻件曲率影响的典型补偿曲线

X1.2 使用曲线时, 应调整探伤仪的灵敏度, 以便从参考试块 ASTM No. 3—0600 上的每一直径都能得到如图所示的超声响应显示。对于平的表面, 其响应波幅(从扫描线到峰值)定为 1in. (25mm)。可用衰减器得到所要求的波幅, 但探测时它应放在 1:1 位置上。

X2 由于探测距离变化对信号波幅的补偿

X2.1 曲线(图 X2.1)是在下列各试验条件下确定的:

材料 镍-铝-钒合金钢(标准 A 469.4 类)

仪器 UR 型反射式超声探伤仪

探头 $1\frac{1}{8}$ in. (30mm) 直径的石英晶片

频率 $2\frac{1}{4}$ MHz

耦合剂 20 号油

参考试块 ASTM No. 3—0600 (铝)

参考曲线代表的反射体面积 在镍-铝-钒合金钢中, 0.010in.^2 (6.5mm^2)

表面粗糙度 最大粗糙度为 $250\mu\text{in.}$ ($6\mu\text{m}$)

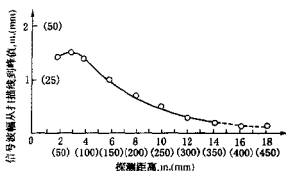


图 X2.1 典型的距离波幅校正曲线

X2.2 使用曲线时, 用 ASTM 参考试块来确定与附录 X1 中的数值相一致的波幅。

X3 DGS 方法的背景资料

X3.1 研究 DGS 方法的目的是, 是通过与超声波测试部分产生的底面回波相比较, 来确定缺陷尺寸。DGS 曲线的由来在超声波测试的标准教程中都有广泛介绍并能找到, 这里就不再赘述了。当在透明图面板上注明所检测锻件的距离或厚度(A)时, 必须在示波屏上准确确定。该部分的底面反射回波(B)必须确定并增加适量的增益。可通过透明图面板上的缺陷尺寸曲线(C)来测定所显示的缺陷回波信号的大小。(D)描绘出透明图面板与换能器一起工作的情况, (E)描绘出与透明图面板刻度相匹配的一系列曲线。

X4 对锪孔或中空圆柱形锻件上中心孔衰减的补偿

X4.1 锪孔圆柱形锻件上的中心孔会引起声散射。在这些情况下, 需要根据壁厚和锪孔直径

来进行校正。

X4.1.1 由线解图(图 X4.1)确定 dB 校正值。

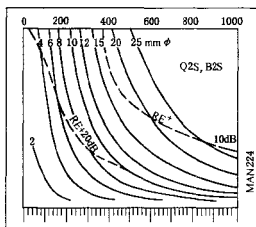


图 X4.1 DGS 透明图面板的一个例子

X4.1.2 按 7.2.2.3 节中所述做下去。

X4.1.3 通过按照线解图(图 X4.2)确定的校正值,用增益 -1 dB 控制来降低缺陷探测器的增益。这样,就准确调整了缺陷探测器的增益。

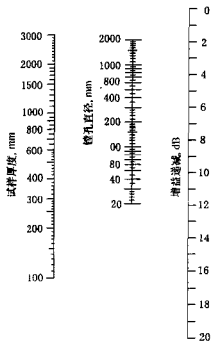


图 X4.2 中心孔对圆柱形或平面平行的银件底面回波幅的影响

注:与 DGS 刻度相一致的图中使用的公制单位现在能得到。换算到英制单位亦是认可的。